

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 198 57 785 C 2

⑤① Int. Cl.7:
F 02 B 3/12

②① Aktenzeichen: 198 57 785.0-13
②② Anmeldetag: 15. 12. 1998
④③ Offenlegungstag: 29. 6. 2000
④⑤ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 7. 12. 2000

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:
Ernst, Johannes, Dipl.-Ing., 76534 Baden-Baden,
DE; Froehlich, Jens, 79539 Lörrach, DE; Mowll,
Deborah, Dr., 73730 Esslingen, DE; Rössler, Klaus,
Dipl.-Ing., 73776 Altbach, DE; Vent, Guido,
Dipl.-Ing., 67346 Speyer, DE

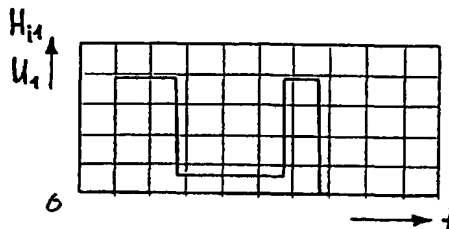
⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE	196 42 653 C1
DE	198 15 266 A1
DE	197 48 018 A1
DE	196 02 065 A1
JP	03-950 A

⑤④ Verfahren zur Gemischbildung in einem Brennraum eines Verbrennungsmotors

⑤⑦ Verfahren zur Gemischbildung in einem Brennraum eines Verbrennungsmotors, bei dem

- während eines Arbeitstaktes des Verbrennungsmotors Kraftstoff mit einem sich änderndem Kraftstoffmassenstrom in den Brennraum eingespritzt wird, dadurch gekennzeichnet, daß
- wenigstens in bestimmten Motorbetriebszuständen eine dreistufige Kraftstoffeinspritzung vollständig oder teilweise während der Kompressionsphase derart erfolgt, daß
- in einem ersten Einspritzschritt eine vom Lastzustand des Verbrennungsmotors abhängige Hauptkraftstoffmenge zur Bildung einer ersten Gemischwolke,
- in einem direkt an den ersten anschließenden zweiten Einspritzschritt ohne Einspritzunterbrechung eine Zusatzkraftstoffmenge mit einem Kraftstoffmassenstrom, der geringer ist als der in dem ersten Einspritzschritt vorgesehene Kraftstoffmassenstrom und
- in einem direkt an den zweiten anschließenden dritten Einspritzschritt ohne Einspritzunterbrechung eine Zündkraftstoffmenge mit einem Kraftstoffmassenstrom, der größer ist als der in dem zweiten Einspritzschritt vorgesehene Kraftstoffmassenstrom, zur Bildung einer zweiten Gemischwolke eingespritzt werden,
- wobei die Einspritzung der Zusatzkraftstoffmenge so gewählt ist, daß über diese die zweite Gemischwolke mit der ersten Gemischwolke verbunden wird.



DE 198 57 785 C 2

DE 198 57 785 C 2

BEST AVAILABLE COPY

men der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden nachfolgend beschrieben. Hierzu zeigen:

Fig. 1a in einem Zeitdiagramm den Verlauf des Sollwertes einer Ansteuerspannung bzw. den dazu proportionalen idealen Nadelhubverlauf eines Einspritzventils eines Verbrennungsmotors während eines ersten erfindungsgemäßen Verfahrensbeispiels,

Fig. 1b in einem Zeitdiagramm einen tatsächlichen Nadelhubverlauf während des Verfahrens gemäß Fig. 1a,

Fig. 2a in einem Zeitdiagramm den Verlauf des Sollwertes einer Ansteuerspannung bzw. den dazu proportionalen idealen Nadelhubverlauf eines Einspritzventils eines Verbrennungsmotors während eines zweiten erfindungsgemäßen Verfahrensbeispiels und

Fig. 2b in einem Zeitdiagramm einen tatsächlichen Nadelhubverlauf während des Verfahrens gemäß Fig. 2a.

Ein beispielhafter Verbrennungsmotor in Form eines Hubkolben-Ottomotors weist mehrere Arbeitszylinder mit jeweils einem Brennraum auf, dem wenigstens ein Lufteinlaßventil, wenigstens ein Abgasauslaßventil, ein Kraftstoffeinspritzventil für eine Direkteinspritzung von Kraftstoff in den Brennraum sowie eine Zündkerze zur Zündung des eingespritzten Kraftstoffs zugeordnet sind. Während des Ansaug- und/oder Kompressionshubes des Hubkolbens wird zur Bildung eines Luft-Kraftstoff-Gemisches durch das Einspritzventil fein zerstäubter Kraftstoff in die angesaugte Verbrennungsluft gespritzt (sog. innere Gemischbildung). Insbesondere bei sogenannten strahlgeführten Brennverfahren ist es erforderlich, daß im Bereich der Zündkerze zum Zeitpunkt der Zündung ein zündfähiges Luft-Kraftstoff-Gemisch vorliegt, was im Falle der Einspritzung in den Kompressionshub durch eine entsprechende Anordnung der Zündkerze im Bereich des Einspritzstrahls des Einspritzventils sichergestellt wird.

Wesentliche Kriterien für eine optimale Verbrennung des eingespritzten Kraftstoffs sind die Entflammungsstabilität und die vollständige Verbrennung des eingespritzten Kraftstoffs, so daß Verkokungen innerhalb des Brennraums, Zyklenschwankungen und erhöhte Schadstoffemissionen vermieden werden. Dazu sind die nachfolgend beschriebenen Verfahrensbeispiele zur Gemischbildung in einem Brennraum geeignet, die beispielsweise abwechselnd während des Betriebes des Verbrennungsmotors in Abhängigkeit von dessen Lastzustand angewendet werden können.

Gemäß einem ersten erfindungsgemäßen Verfahrensbeispiel wird die während eines Arbeitstaktes in den Brennraum eines Zylinders einzuspritzende Kraftstoffmenge in drei Teilmengen, eine Hauptkraftstoffmenge, eine Zündkraftstoffmenge und eine Zusatzkraftstoffmenge aufgeteilt. Die Hauptkraftstoffmenge wird in einem ersten Einspritzschritt zur Bildung einer ersten Gemischwolke in den Brennraum eingespritzt, wobei dieser Einspritzschritt vorzugsweise zu Beginn der Kompressionsphase des in dem Arbeitszylinder geführten Hubkolbens erfolgt. Der Beginn des genannten Einspritzschrittes kann in einem modifizierten Verfahren bereits während der Ansaugphase vorgesehen sein.

In einem zweiten Einspritzschritt, der direkt, d. h. ohne Einspritzunterbrechung, an den ersten anschließt, wird die Zusatzkraftstoffmenge mit einem Kraftstoffmassenstrom, der geringer ist als der in dem ersten Einspritzschritt vorgesehene Kraftstoffmassenstrom, in den Brennraum eingespritzt.

Schließlich wird in einem dritten Einspritzschritt, der wiederum direkt an den zweiten anschließt, die Zündkraftstoffmenge bei einem Kraftstoffmassenstrom, der größer ist als der in dem zweiten Einspritzschritt vorgesehene Kraftstoffmassenstrom, in den Brennraum eingespritzt. Die

Zündkraftstoffmenge bildet eine zweite Gemischwolke, die zur Auslösung des Brennvorganges von der Zündkerze entzündet wird und dazu ein annähernd stöchiometrisches Luft/Kraftstoff-Gemisch aufweist.

Die Zusatzkraftstoffmenge, deren Größe von dem zeitlichen und räumlichen Abstand der ersten Gemischwolke von der zweiten Gemischwolke abhängt, verbindet diese beiden Gemischwolken miteinander, so daß diese unabhängig voneinander in den Brennraum eingespritzt werden können. Die Zusatzkraftstoffmenge gewährleistet eine sichere Übertragung der Entflammung von der Zündkraftstoffmenge auf die Hauptkraftstoffmenge und wird im übrigen möglichst gering gewählt.

Durch die vorgeschlagene dreistufige Kraftstoffeinspritzung ergibt sich ein vergrößerter Gestaltungsbereich der Optimierung der Gemischbildung und der Verbrennungslage. In Fig. 1a ist exemplarisch der Verlauf einer Ansteuerspannung U_1 eines piezoelektrisch betätigten Einspritzventils des Verbrennungsmotors über der Zeit t während der Durchführung des erläuterten ersten Verfahrens dargestellt, wobei diese Spannung U_1 proportional zum idealen Nadelhub H_{11} des Einspritzventils ist. In Fig. 1b ist der tatsächliche Verlauf des Nadelhubs H_{11} während des zugehörigen Einspritzvorgangs dargestellt.

In einem zweiten erfindungsgemäßen Verfahrensbeispiel zur Gemischbildung in einem Brennraum des Verbrennungsmotors wird während eines Arbeitstaktes des Verbrennungsmotors über das Einspritzventil Kraftstoff mit einem monoton abfallenden Kraftstoffmassenstrom in den Brennraum eingespritzt. Vorzugsweise wird der Kraftstoff nach Beginn der Kompressionsphase eingespritzt, wobei der Kraftstoffmassenstrom von einem maximalen Anfangswert bis auf null abfallend reduziert wird. Der abfallende Kraftstoffmassenstrom wird durch ein langsames Schließen des Einspritzventils erreicht. Dazu ist in Fig. 2a exemplarisch die Ansteuerspannung U_2 eines piezoelektrisch betätigten Einspritzventils des Verbrennungsmotors über der Zeit t dargestellt, wobei diese Spannung U_2 in etwa proportional zum idealen Verlauf H_{12} des Nadelhubs des Einspritzventils ist. In Fig. 2b ist der tatsächliche Verlauf H_{12} des Nadelhubs des Einspritzventils über der Zeit t während des zugehörigen Einspritzvorgangs dargestellt. Aus den Fig. 2a und 2b wird ersichtlich, daß aufgrund der Trägheit des Einspritzventils und seiner Ansteuerung über eine treppenförmige Reduzierung der Ansteuerspannung U_2 ein näherungsweise kontinuierliches Schließen des Einspritzventils erreichbar ist. Durch das langsame Schließen des Einspritzventils ergibt sich in der erzeugten Gemischwolke ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis, das kontinuierlich von fett nach mager variiert wird. Dadurch kann insbesondere bei hohen Lastanforderungen sichergestellt werden, daß zum gewünschten Zündzeitpunkt an einer Stelle der Gemischwolke ein zündfähiges Luft-Kraftstoff-Gemisch vorliegt.

Bei einem dritten erfindungsgemäßen Verfahrensbeispiel zur Gemischbildung in einem Brennraum des Verbrennungsmotors wird zunächst über eine Meßvorrichtung der während der Ansaugphase in den Brennraum eintretende Luftmassenstrom detektiert und ein dazu wenigstens zeitweise proportionaler Kraftstoffmassenstrom durch das Einspritzventil in den Brennraum eingespritzt. Das Proportionalitätsverhältnis zwischen Luftmassenstrom und Kraftstoffmassenstrom kann dabei in Abhängigkeit von der Motorlast gewählt werden. In einem modifizierten Ausführungsbeispiel dieses Verfahrens wird der Nadelhub proportional zu dem Luftmassenstrom gewählt, wobei sich ein von der Öffnungscharakteristik des Einspritzventils abhängiger Kraftstoffmassenstrom ergibt. Diese Einspritzmaßnahme wird dem ersten oder zweiten Verfahrensbeispiel vorange-

stellt oder mit diesem kombiniert.

Alle dargestellten Verfahrensbeispiele ermöglichen eine Wirkungsgradoptimierung des Verbrennungsmotors mit innerer Gemischbildung, eine verbesserte Entflammungsstabilität, reduzierte Zyklusschwankungen und Schadstoffemissionen sowie eine hohe Langzeitstabilität durch reduzierte Verkokung im Brennraum.

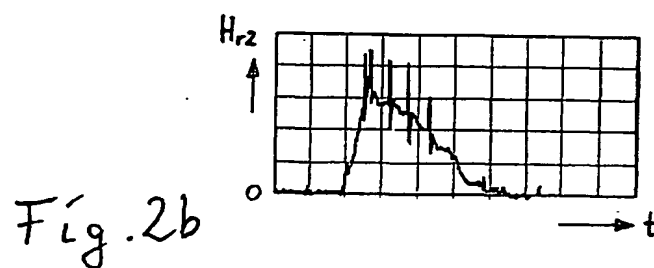
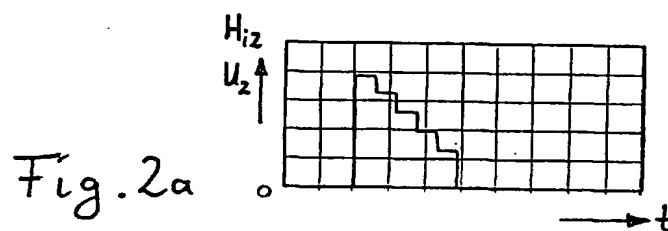
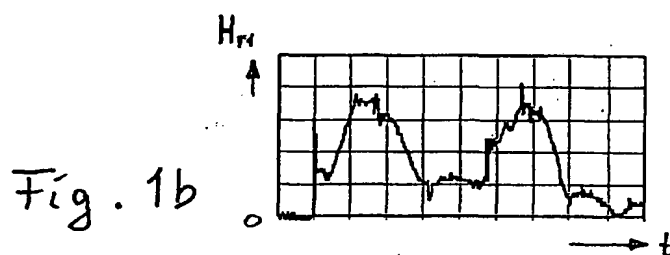
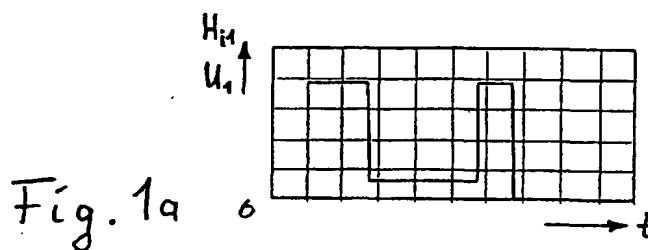
eingespritzt wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

Patentansprüche

1. Verfahren zur Gemischbildung in einem Brennraum eines Verbrennungsmotors, bei dem
 - während eines Arbeitstaktes des Verbrennungsmotors Kraftstoff mit einem sich ändernden Kraftstoffmassenstrom in den Brennraum eingespritzt wird,
 dadurch gekennzeichnet, daß
 - wenigstens in bestimmten Motorbetriebszuständen eine dreistufige Kraftstoffeinspritzung vollständig oder teilweise während der Kompressionsphase derart erfolgt, daß
 - in einem ersten Einspritzschritt eine vom Lastzustand des Verbrennungsmotors abhängige Hauptkraftstoffmenge zur Bildung einer ersten Gemischwolke,
 - in einem direkt an den ersten anschließenden zweiten Einspritzschritt ohne Einspritzunterbrechung eine Zusatzkraftstoffmenge mit einem Kraftstoffmassenstrom, der geringer ist als der in dem ersten Einspritzschritt vorgesehene Kraftstoffmassenstrom und
 - in einem direkt an den zweiten anschließenden dritten Einspritzschritt ohne Einspritzunterbrechung eine Zündkraftstoffmenge mit einem Kraftstoffmassenstrom, der größer ist als der in dem zweiten Einspritzschritt vorgesehene Kraftstoffmassenstrom, zur Bildung einer zweiten Gemischwolke eingespritzt werden,
 - wobei die Einspritzung der Zusatzkraftstoffmenge so gewählt ist, daß über diese die zweite Gemischwolke mit der ersten Gemischwolke verbunden wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kraftstoffmassenströme in dem ersten und dem dritten Einspritzschritt im wesentlichen gleich groß sind.
3. Verfahren zur Gemischbildung in einem Brennraum eines Verbrennungsmotors, bei dem
 - während eines Arbeitstaktes des Verbrennungsmotors Kraftstoff mit einem sich ändernden Kraftstoffmassenstrom in den Brennraum eingespritzt wird,
 dadurch gekennzeichnet, daß
 - mindestens in bestimmten Motorbetriebszuständen während der Kompressionsphase Kraftstoff mit einem Kraftstoffmassenstrom eingespritzt wird, der von einem maximalen Anfangswert monoton bis auf null abfallend reduziert wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Kraftstoffmassenstrom in wenigstens drei Stufen oder kontinuierlich vom maximalen Anfangswert bis auf null reduziert wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß in bestimmten Motorbetriebszuständen während der Ansaugphase eine Kraftstoffmenge mit einem wenigstens zeitweise dem Luftmassenstrom proportionalen Kraftstoffmassenstrom

BEST AVAILABLE COPY



BEST AVAILABLE COPY